

# PENGARUH PH DAN KONSENTRASI ION KLORIDA TERHADAP ELEKTROLISIS AMMONIA

**Erna Trisnawati (L2C308016) dan Mujtahid (L2C308023)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Dr. Ir. Ratnawati, MT.

## Abstrak

*Salah satu masalah besar yang harus diperhatikan dalam suatu industri adalah limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Misalnya pada industri pupuk, limbah cair yang dihasilkan dari proses mengandung ammonia dengan kadar yang tinggi. Ammonia yang ditemukan dari buangan air limbah merupakan pembawa hidrogen yang sangat baik. Sebelum dibuang perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan. Berbagai macam teknologi ditawarkan untuk proses pengolahan limbah. Proses elektrolisa ammonia merupakan teknologi yang menjanjikan untuk dikembangkan. Proses elektrolisa merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya. Kelebihannya adalah bebas polusi, langkah reaksi pendek, dan dapat berlangsung pada suhu dan tekanan lingkungan. Selain itu faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses elektrolisa juga penting untuk diketahui agar proses elektrolisa ini dapat berjalan maksimal. Dari hasil penelitian proses elektrolisa akan optimum jika jumlah larutan klorida yang ditambahkan sebanyak 270 mg/l. Sedangkan kondisi pH yang optimum untuk proses elektrolisis adalah 10.*

**Kata kunci:** *elektrolisa; ammonia; teknologi*

## Abstract

*One of big problems that must be faced by chemical industries is liquid waste from production process. For example at fertilizer industry, liquid waste from process production contains ammonia with high concentration. Ammonia is a good hydrogen carrier. The waste must be treated to reduce the ammonia content. Various technologi have been offered for ammonia waste treatment. Electrolysis is a promising technology to develop. The technology has advantages over the other, such as clean, fast and it can be performed in ambient temperature and pressure. Factors affecting the electrolysis process need to be explored. Experimental results show that the optimum concentration of chloride ion is 270 mg/l, and the optimum pH is 10.*

**Key Words:** *electrolyse; ammonia; technology*

## 1. Pendahuluan

Salah satu masalah besar yang harus diperhatikan di suatu industri adalah limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Misalkan pada industri pupuk, di Indonesia terdapat banyak industri pupuk dengan karakteristik limbah cair mengandung ammonia dengan kadar yang tinggi. Kadar ammonia yang terdapat dalam air limbah tidak memenuhi baku mutu yang ditentukan sehingga tidak bisa dibuang secara langsung ke lingkungan, tetapi harus melalui tahapan pengolahan terlebih dahulu sehingga tidak memberikan efek yang buruk atau merusak lingkungan hidup di sekitarnya.

Ammonia yang ditemukan pada buangan limbah cair industri pupuk merupakan pembawa hidrogen yang sangat baik. Teknologi yang akan digunakan untuk mengurangi kadar ammonia dalam buangan air limbah adalah proses elektrolisa ammonia. Proses elektro-oksidasi ammonia di media asam pada potensial yang kecil dapat menghasilkan nitrogen. Keuntungan lain pada proses elektrolisa ammonia adalah biaya yang lebih murah dan kemurnian hidrogen yang dihasilkan lebih tinggi.

Sasaran penelitian menyeluruh dari proyek ini adalah untuk menghilangkan ammonia dari air limbah industri pupuk. Diharapkan hasil elektrolisis ammonia dapat digunakan sebagai sumber tenaga alternatif yang ramah terhadap lingkungan. Selain itu penambahan konsentrasi klorida, memegang peranan penting dalam mempercepat proses elektrolisa ammonia.

Pada percobaan ini larutan yang digunakan untuk elektrolisa adalah larutan ammonia murni. Percobaan ini merupakan langkah awal yang dilakukan dengan tujuan akhirnya adalah untuk mengurangi kandungan ammonia dalam air limbah.

Dalam penelitian ini variabel waktu, pH larutan dan konsentrasi klorida ( $\text{Cl}^-$ ) menjadi suatu hal yang penting untuk diketahui pengaruhnya, terhadap proses elektrolisa ammonia sehingga dihasilkan  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ .

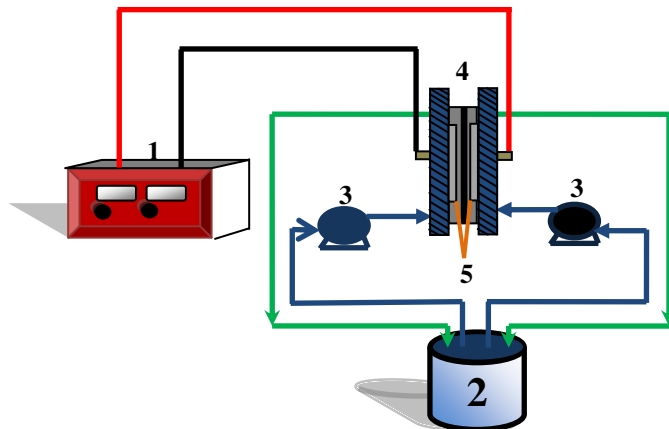
Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel waktu, konsentrasi klorida juga pengaruh dari pH larutan terhadap penurunan kadar ammonia dalam limbah cair.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium. Prosedur yang dilakukan antara lain penyiapan larutan ammonia, elektrolisa ammonia, analisa konsentrasi ammonia sebelum dan sesudah proses elektrolisa, analisa pH larutan, dan analisa waktu elektrolisa.

Dalam penelitian ini digunakan larutan ammonia, logam platina dan stainless steel sebagai elektroda, larutan klorida dan larutan aquadest. Sedangkan bahan untuk analisa adalah larutan boraks, larutan HCl, indikator MO, indikator MR.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu takar, erlenmeyer, adaptor, multimeter, buret, statif, klem, stopwatch, pH meter, penggaris, dan pompa.



Gambar 1. Rangkaian Alat Elektrolisa : (1).Sumber Arus DC; (2). Tangki Larutan Ammonia; (3).Pompa; (4).Sel Elektrolisa; (5). Elektroda.

Pada percobaan ini jarak antar elektroda besarnya 0,8. Rapat arus yang digunakan  $0,01 \text{ A/cm}^2$ . Konsentrasi larutan ammonia yang telah ditentukan 1000 ppm. Ukuran elektroda yang digunakan panjang 13,7 cm, lebar 10,7 cm. Sedangkan voltase daya yang digunakan 4,1 V.

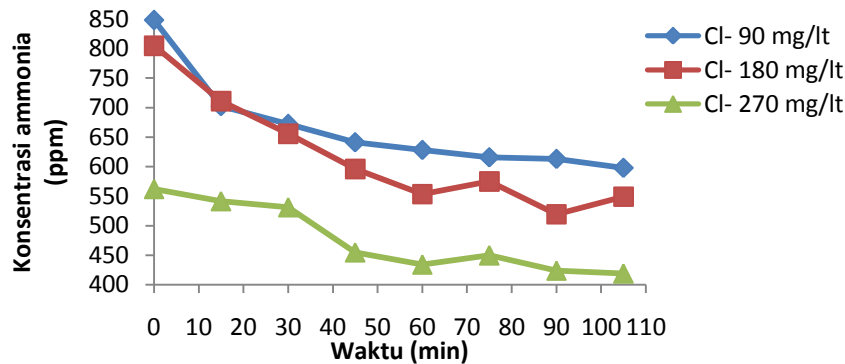
Lama waktu elektrolisa adalah 105 menit dan setiap 15 menit diambil sampel untuk diamati penurunan konsentrasi ammonianya. Konsentrasi larutan klorida yang ditambahkan antara 90- 270 mg/l. PH larutan dijaga pada kondisi basa yaitu pH 10 dan 12. Respon yang diamati adalah kadar ammonia yang tersisa setelah proses elektrolisa.

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menyiapkan larutan ammonia, menambahkan larutan asam klorida sesuai dengan variabel percobaan yang diinginkan kemudian mengatur pH larutan yang akan di elektrolisa sesuai dengan variabel percobaan. Langkah selanjutnya mempersiapkan alat elektrolisa. Kemudian merangkai alat elektrolisa. Kemudian melakukan proses elektrolisa. Setelah beberapa menit sesuai variabel yang akan diamati mengambil larutan sampel sesuai dengan variabel. Langkah terakhir adalah menganalisa konsentrasi ammonia yang tersisa.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Pengaruh konsentrasi klorida terhadap proses elektrolisa

Tiga variabel konsentrasi klorida yang diuji adalah 90 mg/Lt, 180 mg/Lt, 270 mg/Lt. Variabel tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh dari adanya konsentrasi klorida pada proses elektrolisa. Konsentrasi klorida berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi ammonia pada proses elektrolisis yaitu mengubah ammonia menjadi  $N_2$  dan  $H_2$ . Percobaan dengan konsentrasi klorida yang berbeda-beda ini dijaga pada variabel tetap yang telah ditentukan. Hal ini dilakukan dengan pengecekan dan kontrol kondisi operasi selama proses elektrolisa berjalan.

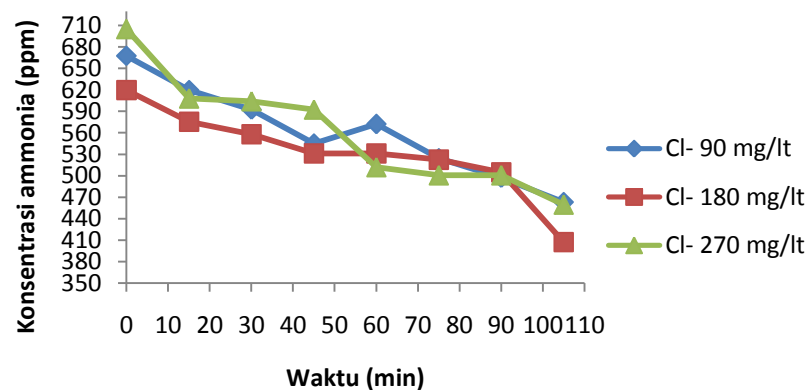


Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi ammonia dengan waktu pada percobaan dengan pH 10.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara konsentrasi ammonia dengan waktu pada penggunaan klorida dengan konsentrasi 90 mg/Lt, 180 mg/Lt dan 270 mg/Lt. Gambar tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan. Pada waktu awal elektrolisis sudah terjadi penurunan konsentrasi ammonia. Pada menit ke-15 ammonia yang mana konsentrasi kloridanya 270 mg/Lt mengalami penurunan konsentrasi yang lebih kecil dibandingkan ammonia dengan konsentrasi klorida 180 mg/Lt dan ammonia dengan konsentrasi ammonia 90 mg/Lt.

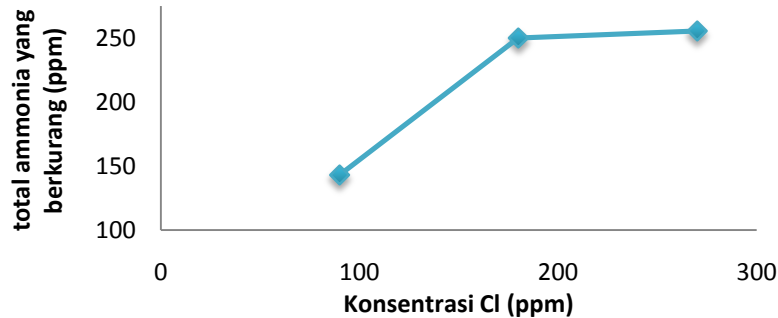
Pada waktu selanjutnya penurunan konsentrasi ammonia terjadi tidak terlalu signifikan. Hal itu dimungkinkan ammonia sudah banyak yang terkonversi menjadi  $N_2$  dan  $H_2$  pada saat awal proses elektrolisis. Hal itu terlihat dari grafik yang menyerupai garis lurus. Sedangkan pada menit-menit berikutnya laju pengurangan kadar ammonia terlihat jelas pada grafik dengan konsentrasi klorida 90 mg/Lt. Kemudian diikuti dengan konsentrasi klorida 270 mg/Lt dan yang terakhir adalah 180 mg/Lt.

Dari percobaan terlihat bahwa penggunaan konsentrasi klorida 270 mg/Lt memberikan pengaruh yang cukup besar pada proses elektrolisa jika dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi klorida 180 mg/Lt dan 90 mg/Lt. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi klorida dapat membantu mempercepat laju penurunan konsentrasi ammonia.

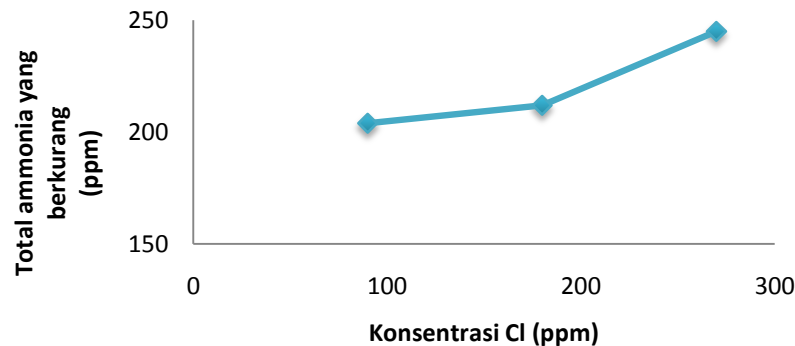


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi ammonia dengan waktu pada percobaan dengan pH 12.

Hal yang sama juga terlihat pada grafik gambar 3, dengan mengubah variabel pH yaitu sebesar 12 dari pH 10 dapat terlihat bahwa laju pengurangan konsentrasi ammonia tertinggi terjadi pada grafik dengan konsentrasi klorida sebesar 270 mg/l diikuti dengan konsentrasi klorida 180 mg/l dan yang memiliki laju terendah adalah pada konsentrasi klorida 90 mg/l.



Gambar 4. Hubungan antara jumlah Cl yang ditambahkan dengan total ammonia yang berkurang pada pH 10.



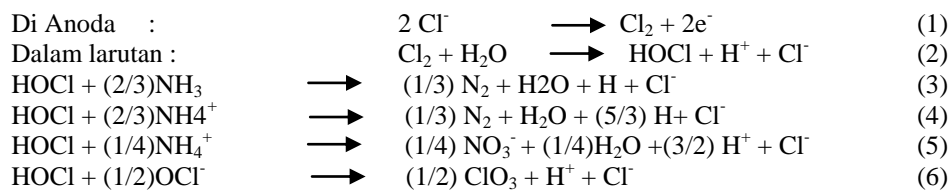
Gambar 5. Hubungan antara jumlah Cl yang ditambahkan dengan total ammonia yang berkurang pada pH 12.

Gambar grafik 4 dan 5 merupakan grafik yang menunjukkan jumlah klorida yang ditambahkan (ppm) dengan jumlah total ammonia yang berkurang (ppm). Dari kedua grafik diatas terlihat bahwa semakin banyak klorida yang ditambahkan maka jumlah total ammonia yang berkurang juga semakin banyak.

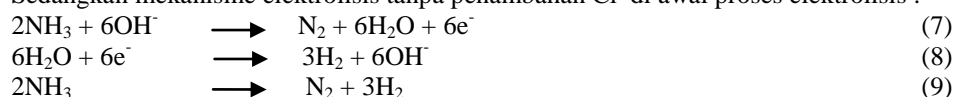
Hal ini sesuai dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Li dan Liu, 2008) yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi klorida yang ditambahkan di awal proses elektrolisis maka laju dari pengurangan ammonia akan semakin tinggi sehingga untuk menghasilkan jumlah produk yang sama akan membutuhkan waktu semakin singkat

Semakin banyak  $\text{Cl}^-$  yang ditambahkan di awal dapat mempercepat proses degradasi ammonia karena  $\text{Cl}^-$  berperan sebagai katalis yang dapat mempercepat proses penguraian ammonia menjadi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ .

Mekanisme elektrolisis ammonia dengan adanya penambahan  $\text{Cl}^-$  di awal proses elektrolisis :



Sedangkan mekanisme elektrolisis tanpa penambahan  $\text{Cl}^-$  di awal proses elektrolisis :



Dari mekanisme diatas terlihat untuk mekanisme elektrolisis ammonia tanpa penambahan  $\text{Cl}^-$  senyawa  $\text{NH}_4\text{OH}$  dirubah terlebih dahulu menjadi senyawa ammonia ( $\text{NH}_3$ ) kemudian baru didegradasi menjadi komponen  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$ . Sedangkan pada mekanisme yang dilakukan penambahan  $\text{Cl}^-$  di awal proses elektrolisa (pada bagian atas) yang akan dirubah menjadi produk (yaitu komponen  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$ ) terlihat bahwa komponen  $\text{Cl}^-$  ikut berperan aktif dalam proses degradasi ammonia atau komponen  $\text{Cl}^-$  ikut mereduksi untuk dirubah menjadi produk, sehingga komponen ammonia yang reduksi akan semakin banyak.

Selain itu dari mekanisme di atas terlihat bahwa tidak hanya komponen  $\text{NH}_3$  saja yang di ubah menjadi komponen  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$ , tetapi komponen  $\text{NH}_4^+$  yang terdapat dalam larutan juga didegradasi untuk menjadi produk. Sehingga degradasi yang dilakukan oleh komponen  $\text{Cl}^-$  dalam proses elektrolisis memiliki variasi komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan proses elektrolisis ammonia biasa.

Dari mekanisme diatas juga terlihat bahwa kinerja komponen  $\text{Cl}^-$  dalam menguraikan komponen ammonia dalam larutan memiliki tahapan proses yang lebih singkat bila dibandingkan proses penguraian dengan cara biasa, karena pada tahapan proses elektrolisis tanpa penambahan komponen  $\text{Cl}^-$ , komponen Ammonium Hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) akan dirubah terlebih dahulu ke bentuk Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) kemudian baru didegradasi menjadi komponen  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ .

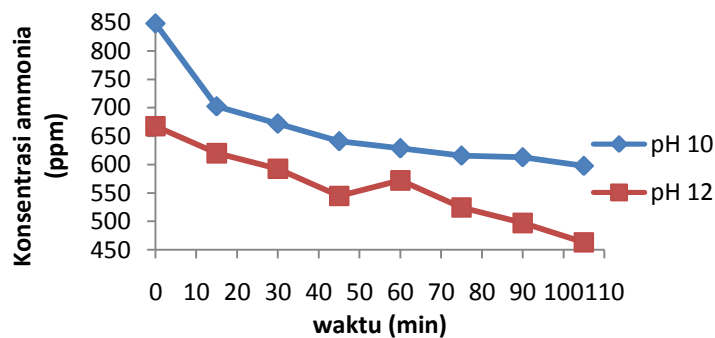
Sedangkan komponen  $\text{Cl}^-$  dapat mereduksi langsung komponen  $\text{NH}_4^+$ , sehingga dapat mengurangi tahapan yang harus dilalui dalam proses elektrolisis untuk menjadi komponen  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Maka semakin banyaknya komponen  $\text{Cl}^-$  yang ditambahkan diawal proses elektrolisis maka semakin banyak dan cepat ammonia yang akan didegradasi menjadi  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$ .

Dari grafik hubungan antara waktu elektrolisa dan jumlah ammonia, konsentrasi awal ammonia mengalami perbedaan. Hal ini bukan disengaja atau merupakan hal yang diinginkan. Karena sifat ammonia yang berada pada gas dalam keadaan standart ( $T = 30^\circ\text{C}$  dan  $P = 1 \text{ atm}$ ).

Ammonia memiliki titik didih  $-28^\circ\text{C}$ , yang menyebabkannya menjadi sangat mudah menguap dan lepas ke udara bebas. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi ammonia pada awal elektrolisa mengalami perbedaan, karena sebagian ammonia akan menguap ke udara bebas selama proses penyiapan larutan dan proses elektrolisa yang akan dilakukan.

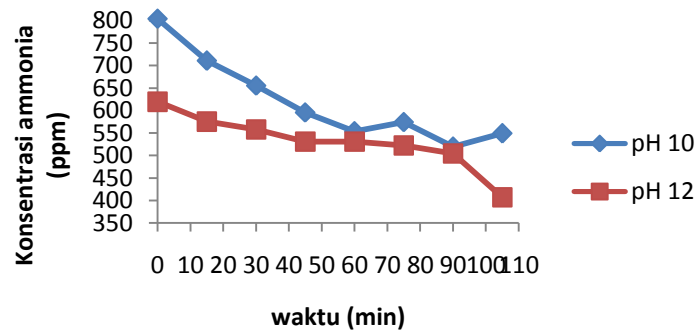
#### Pengaruh pH terhadap proses elektrolisa

Dua variabel pH yang di uji adalah 10 dan 12. Variabel tersebut di gunakan untuk mengetahui pengaruh dari adanya pH pada proses elektrolisa. PH berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi ammonia pada proses elektrolisis yaitu mengubah ammonia menjadi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Percobaan dengan pH yang berbeda-beda ini dijaga pada variabel tetap yang telah ditentukan.



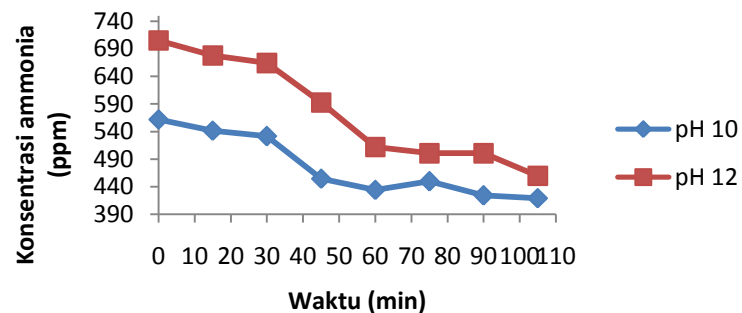
Gambar 6. Hubungan konsentrasi ammonia dengan waktu pada percobaan dengan konsentrasi klorida 90 mg/l.

Pada gambar 6 ammonia dengan pH 10 dan konsentrasi klorida 90 mg/l mengalami penurunan konsentrasi yang cukup besar. Sedangkan pada pH 12 laju penurunan konsentrasi ammonianya juga tidak berbeda jauh dengan ammonia pada pH 10.



Gambar 7. Hubungan konsentrasi ammonia dengan waktu pada percobaan dengan konsentrasi klorida 180 mg/Lt.

Pada gambar 7 Laju penurunan konsentrasi ammonia pada pH 10 dengan konsentrasi klorida 180 mg/Lt besarnya cukup signifikan dibandingkan dengan laju penurunan ammonia pada pH 12.



Gambar 8. Hubungan konsentrasi ammonia dengan waktu pada percobaan dengan konsentrasi klorida 270 mg/Lt.

Pada gambar 8 laju penurunan konsentrasi ammonia pada pH 10 dengan konsentrasi klorida 270 mg/Lt besarnya cukup signifikan dibandingkan dengan laju penurunan ammonia pada pH 12.

Dari ketiga gambar tersebut kondisi operasi yang baik dalam proses elektrolisis adalah pada pH 10. Sedangkan pada pH 12 laju penurunan konsentrasi ammonia tidak terlalu besar. Hal ini terjadi karena semakin tinggi pH maka laju penurunan konsentrasi ammonia juga semakin kecil, sesuai dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Li dan Liu., 2008) yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi pH pada proses elektrolisis maka laju dari pengurangan ammonia akan semakin kecil.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh hasil semakin banyak komponen  $\text{Cl}^-$  yang ditambahkan diawal proses elektrolisis maka semakin banyak dan cepat ammonia yang akan didegradasi menjadi  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$ . Proses elektrolisa akan optimum jika jumlah larutan klorida yang ditambahkan sebanyak 270 mg/Lt. Dari hasil penelitian diperoleh hasil semakin tinggi pH maka laju penurunan konsentrasi ammonia juga semakin kecil. Kondisi pH yang optimum untuk proses elektrolisis adalah 10.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Ir. Ratnawati, MT selaku dosen pembimbing penelitian atas segala bimbingannya.

## Daftar Pustaka

- Bonnin, E. P., (2006), "*Electrolysis of Ammonia Effluents : A Remediation Process With Co-Generation of Hydrogen Catalyst Development*", Master of Science Thesis, The Fritz J. and Dolores H Russ College of Engineering and Technology of Ohio University.
- Cheng, Y. F., and Zhou, L., (2008), "*Catalytic electrolysis of ammonia on platinum in alkaline solution for hydrogen generation*". International Journal of Hydrogen Energy, 33, 5897-5904.
- Li, L., and Liu, Y., ( 2009), "*Ammonia Removal in Electrochemical Oxidation : Mechanism and Pseudo-Kinetics*", Journal of Hazardous Materials, 161, 1010-1016.
- Liu, Y., Li, L., and Goel, R., (2009), "*Kinetic Study of Electrolytic Ammonia Removal Using Ti/IrO<sub>2</sub> as Anode Under Different Experimental Condition*". Journal of Hazardous Materials, 30, 9444-9447.
- Noviyanto, T dan Prihanto, W., (2004), "*Laporan Penelitian Penurunan Kadar Ammonia dalam Limbah Cair dengan Menggunakan Stripping Udara dalam Kolom Isian*", Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugi, A., (2005) "*Laporan Penelitian Pemodelan Bioreaktor Kontinyu Tangki Berpengaduk (CSTB) dengan Proses Recycle dalam Pengolahan Limbah Cair dengan Kadar Ammonia Nitrogen Tinggi*", Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Vitse, F., Matt, C., and Botte, G.G., ( 2005), "*On The Use of Electrolysis for Hydrogen Production*", Journal of Power Source, 142, 18-26.